



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift  
⑯ ⑩ DE 198 04 375 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
H 01 L 21/312  
H 01 L 21/314

DE 198 04 375 A 1

⑯ Aktenzeichen: 198 04 375.9  
⑯ Anmeldetag: 4. 2. 98  
⑯ Offenlegungstag: 7. 1. 99

⑯ Unionspriorität:

9-169858 26. 06. 97 JP

⑯ Erfinder:

Matsuura, Masazumi, Tokio/Tokyo, JP

⑯ Anmelder:

Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑯ Vertreter:

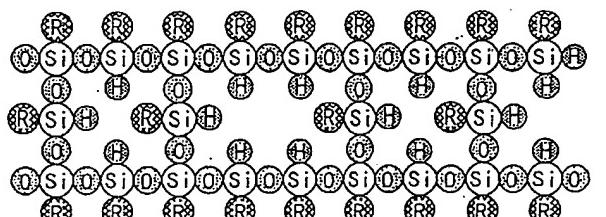
Prüfer und Kollegen, 81545 München

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Halbleitereinrichtung und Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung

⑯ Ein Zwischenschichtisolierfilm (4) einer Halbleitereinrichtung ist aus einem Material gebildet, bei dem Siliziumatome die Hauptelemente sind, wobei jedes Siliziumatom eine Bindung mit Sauerstoff und eine Bindung mit Kohlenstoff aufweist und weiterhin zumindest einige der Siliziumatome eine Bindung mit Wasserstoff aufweisen. Der Zwischenschichtisolierfilm (4) wird durch chemisches Abscheiden aus der Gasphase unter Verwendung eines gemischten Gases aus Wasserstoffperoxid und einem reaktiven Gas, das eine molekulare Gasstruktur aufweist, bei der Siliziumatome eine Bindung mit Wasserstoff und eine Bindung mit Kohlenstoff aufweisen, gebildet.



R= (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)

DE 198 04 375 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Halbleitereinrichtung und ein Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung. Speziell betrifft sie eine Struktur eines Zwischenschichtisolierfilms und ein Verfahren des Bildens der Struktur.

5 Für einen Zwischenschichtisolierfilm einer Halbleitereinrichtung weist ein Siliziumoxidfilm, der durch ein chemisches Abscheiden aus der Gasphase (CVD) unter Verwendung einer Siliziumverbindung, wie z. B. Silangas ( $\text{SiH}_4$ ) und Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), gebildet ist, eine große Fließfähigkeit auf und kann sehr feine Zwischenräume von weniger als  $0,25 \mu\text{m}$  zwischen leitenden Leitungen füllen. Weiterhin weist der durch das obige Verfahren gebildete Siliziumoxidfilm einen Eigenplanarisierungseffekt auf. Aufgrund dieser Vorteile wird das obige Verfahren immer häufiger als ein Verfahren der Planarisierung eines Zwischenschichtisolierfilms einer nächsten Generation zum Ersetzen von herkömmlichen Verfahren, wie z. B. ein Aufschleuderungsglasverfahren (SOG), verwendet. Für Details wird z. B. auf "Novel Self-planarizing CVD Oxide for Interlayer Dielectric Applications", Technical Digest of IEDM '94 verwiesen.

10 Entsprechend dem obigen Verfahren wird ein Siliziumoxidfilm durch einen Vorgang gebildet, der durch die im folgenden gezeigten chemischen Formeln ausgedrückt ist. Zuerst wird Silanol ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) durch eine Oxidierungsreaktion, die Silangas ( $\text{SiH}_4$ ) und Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) einschließt (siehe chemische Formel (1-1) bis (1-3)), gebildet. Dann wird Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ) aus Silanol durch eine Hydrolyse oder eine Dehydropolymerisationsreaktion mit Anwendung von thermischer Energie (siehe chemische Formel (2)) hergestellt. Ein Siliziumoxidfilm wird gebildet, wenn die obigen Reaktionen auf einem Substrat durchgeführt werden.

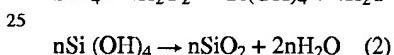
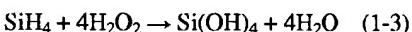
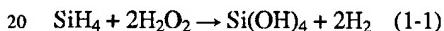


Fig. 7(a)-7(c) zeigen schematisch einen herkömmlichen Ablauf zum Bilden eines Zwischenschichtisolierfilms entsprechend dem obigen Verfahren. Dieser Ablauf wird im folgenden mit Bezug zu Fig. 7(a)-7(c) beschrieben.

30 Mit Bezug zu Fig. 7(a) bezeichnet das Bezugszeichen 1 ein Halbleitereinrichtungssubstrat, das ein Siliziumsubstrat, eine Einrichtung und einen darauf gebildeten Isolierfilm (nicht separat gezeigt) aufweist. Es sind Aluminiumverbindungen 2 auf dem Substrat 1 gebildet.

Ein Zwischenschichtisolierfilm wird in der folgenden Art gebildet. Ein erster Plasmaoxidfilm 3 wird auf dem Substrat 1, auf dem die Aluminiumverbindungen 2 gebildet wurden, gebildet. Dann wird ein Siliziumoxidfilm 4a durch das oben geschriebene CVD-Verfahren, das Silangas ( $\text{SiH}_4$ ) und Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) verwendet, derart gebildet, daß der erste Plasmaoxidfilm 3 bedeckt wird. Schließlich wird ein zweiter Plasmaoxidfilm 5 derart gebildet, daß die gesamte Struktur bedeckt wird, wodurch ein flacher Zwischenschichtisolierfilm gebildet wird.

35 Ein Siliziumoxidfilm, der durch das CVD-Verfahren, das Silangas ( $\text{SiH}_4$ ) und Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) verwendet, gebildet ist, kann sehr feine Zwischenräume zwischen leitenden Leitungen auffüllen und erreicht eine außerordentliche Eigenplanarisierung, da das Silanol, das während dem Filmbildungsvorgang erzeugt wird, eine überragende Fließfähigkeit aufweist.

40 Ein durch das Bilden von Silanol in der obigen Art erzeugtes Siliziumoxid weist eine relative Dielektrizitätskonstante von 4,0-5,0 auf. Mit der Miniaturisierung der Einrichtungen in letzter Zeit wird die Verzögerung der leitenden Leitungen aufgrund der Kapazität eines Zwischenschichtisolierfilms eine ernstere Schwierigkeit. Daher ist für zukünftige Vorgänge zum Bilden eines Zwischenschichtisolierfilms eine Reduzierung der Kapazität ein wichtiges Ziel. Speziell ist es wichtig, die Kapazität von feinen Zwischenräumen von weniger als  $0,3 \mu\text{m}$  zwischen leitenden Leitungen zu reduzieren. Für diesen Zweck wird ein Zwischenschichtisolierfilm benötigt, der eine kleine relative Dielektrizitätskonstante aufweist und der ausgezeichnete Einbett- und Planarisierungseigenschaften aufweist.

45 Ein organischer Aufschleuderungsglasfilm (SOG), der ein Methylradikal enthält, ist als ein herkömmlicher Film bekannt, der die obigen Bedingungen erfüllt. Die Molekularstruktur dieses Materials ist in Fig. 8 gezeigt. Das Si-O-Netzwerk ist durch Absättigen einer Bindung von einigen Siliziumatomen durch ein Methylradikal aufgeteilt bzw. unterteilt, wodurch die Filmdichte verringert ist und wodurch wiederum die relative Dielektrizitätskonstante reduziert ist.

50 Für Details wird beispielsweise auf "A New Methylsilsesquioxane Spin-on-Polymer", Proceedings of The 48th Symposium on Semiconductors and Integrated Circuits Technology und "New Reflowable Organic Spin-on-Glass for Advanced Gap-filling an Planarization", Proceedings of VMIC Conference 1994 verwiesen.

55 Zum Reduzieren der dielektrischen Konstante mit diesem Material ist es jedoch notwendig, eine große Menge von Methylradikalen zu mischen. Dies verursacht eine Schwierigkeit eines Fehlers, der die Zuverlässigkeit betrifft und "vergifteter Kontakt" genannt wird.

Fig. 9 zeigt einen Mechanismus des Auftretens eines Fehlers des vergifteten Kontaktes. In Fig. 9 bezeichnet das Bezugszeichen 1 ein Substrat, auf dem eine Einrichtung und ein erster Plasmaoxidfilm 3 gebildet sind, bezeichnet 2 eine Aluminiumleitungsleitung einer unteren Schicht, bezeichnet 3 einen ersten Plasmaoxidfilm, bezeichnet 4a einen organischen SOG-Film, bezeichnet 5 einen zweiten Plasmaoxidfilm, bezeichnet 6 einen Titannitrid-/Titanfilm, bezeichnet 7 eine Wolframfilm, bezeichnet 8 eine durch ein Sauerstoffplasma denaturierte Schicht, bezeichnet 9 Wasser, das von einer Verbindungskontaktseitenwand migriert ist bzw. stammt, und bezeichnet 10 eine Lücke bzw. einen kleinen Zwischenraum (vergifteter Verbindungskontakt).

60 Der vergiftete Verbindungskontakt ist ein Fehler, der in einem Verbindungsloch (Verbindungskontakt) 10 zum Verbinden der oberen und der unteren leitenden Schicht auftritt. Der vergiftete Verbindungskontakt wird erzeugt, wenn ein Abschnitt des organischen SOG-Filmes 4a, der an der Verbindungskontaktseitenwand freigelegt ist, während dem Resi-

stenfernen nach dem Öffnen des Verbindungskontaktes mit einem Sauerstoffplasma bombardiert wird und dadurch de-natoriert wird. Das heißt, daß Si-CH<sub>3</sub>-Radikale durch das Sauerstoffplasma in Si-OH-Radikale umgewandelt werden, was zu einem leichten Eindringen von Wasser aus der externen Luft führt. Das von der externen Luft eingeführte Wasser wird durch die Seitenwand abgegeben, wenn der Verbindungskontakt mit dem Wolframfilm 7 beispielsweise durch CVD gefüllt wird, und verhindert dadurch ein Wachsen des Wolframfilmes 7 in dem Verbindungskontakt 10. Als Ergebnis steigt die Widerstandsfähigkeit an oder eine Unterbrechung tritt in dem Verbindungskontakt auf und die Zuverlässigkeit der Leitungsleitung wird deutlich verringert.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Halbleitereinrichtung und ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung, die jeweils einen Zwischenschichtisolierfilm mit einer kleinen relativen dielektrischen Konstanten und einer hervorragenden Einbettfähigkeit aufweisen, wobei verhindert wird, daß ein vergifteter Verbindungskontakt gebildet wird, vorzusehen.

Die Aufgabe wird durch die Halbleitereinrichtung des Anspruches 1 oder durch das Verfahren des Herstellens einer Halbleitereinrichtung des Anspruches 3 gelöst.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die relative Dielektrizitätskonstante eines Siliziumoxidfilmes, der durch ein CVD-Verfahren, das organisches Silan, wie z. B. Methylsilan, und Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) verwendet, gebildet ist, kann reduziert werden und eine hervorragende Einbettfähigkeit kann verwirklicht werden.

Entsprechend einem Aspekt weist die Halbleitereinrichtung einen Zwischenschichtisolierfilm auf, der aus einem Material gebildet ist, das Siliziumatome als Hauptelemente aufweist, und wobei im wesentlichen jedes Siliziumatom eine Bindung mit Sauerstoff und eine Bindung mit Kohlenstoff aufweist und weiterhin zumindest einige Siliziumatome eine Verbindung mit Wasserstoff aufweisen.

In einem anderen Aspekt ist die Bindung mit Kohlenstoff eine Bindung mit einem Methyradikal, einem Ethyradikal oder einem Vinylradikal.

Entsprechend einem anderen Aspekt wird bei einem Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung ein Zwischenschichtisolierfilm durch ein chemisches Abscheiden aus der Gasphase unter Verwendung eines gemischten Gases von Wasserstoffperoxid und einem reaktiven Gas, das eine molekulare Gasstruktur aufweist, bei der jedes Siliziumatom zumindest eine Bindung mit einem Wasserstoff und eine Bindung mit einem Kohlenstoff aufweist, gebildet, wodurch der resultierende Zwischenschichtisolierfilm Siliziumatome als Hauptelemente aufweist und im wesentlichen jedes der Siliziumatome zumindest eine Bindung mit Sauerstoff und eine Bindung mit Kohlenstoff aufweist und weiterhin zumindest einige der Siliziumatome eine Bindung mit Wasserstoff aufweisen.

In einem anderen Aspekt wird bei dem Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung ein organisches Silan als reaktives Gas verwendet.

In einem anderen Aspekt wird bei dem Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung das organische Silan aus einer Gruppe von Methylsilan, Ethylsilan und Vinylsilan oder einer Mischung von Methylsilan, Ethylsilan oder Vinylsilan ausgewählt.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsformen anhand der Figuren. Die gleichen Bezugszeichen in den Figuren bezeichnen die gleichen oder entsprechende Teile. Von den Figuren zeigen:

**Fig. 1(a)–1(c)** Querschnittsansichten, die ein Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung zeigen und die speziell ein Herstellungsverfahren eines Zwischenschichtisolierfilmes entsprechend einer ersten Ausführungsform zeigen;

**Fig. 2** schematisch die Molekularstruktur eines entsprechend der ersten Ausführungsform unter Verwendung von Methylsilan als Reaktionspartnergas hergestellten Siliziumoxidfilmes;

**Fig. 3(a)** die Struktur einer Probe, die für die Analyse von bei einer hohen Temperatur herausgezogenem bzw. abgegebenen Gases verwendet wurde, um die Menge des von einem Siliziumoxidfilm der Erfindung und eines herkömmlichen organischen SOI-Filmes abgegebenen Wassers zu messen;

**Fig. 3(b)** ein Diagramm, das ein Ergebnis der Messung der Menge des abgegebenen Wassers zeigt;

**Fig. 4** schematisch die Molekülstruktur eines Siliziumoxidfilmes, der entsprechend einer zweiten Ausführungsform unter Verwendung einer Ursprungsgasmischung aus Monomethylsilan und Dimethylsilan gebildet ist;

**Fig. 5(a)** und **5(b)** schematisch die Molekülstruktur der Siliziumoxidfilme, die entsprechend einer dritten Ausführungsform gebildet sind, bei der Monoethylsilan allein als Ursprungsgas bzw. eine Ursprungsgasmischung aus Monoethylsilan und Diethylsilan verwendet wird;

**Fig. 6** schematisch die Molekülstruktur eines Siliziumoxidfilmes, der entsprechend einer vierten Ausführungsform gebildet ist, bei der Vinylsilan als Ursprungsgas verwendet wird;

**Fig. 7(a)–7(c)** einen herkömmlichen Ablauf zum Bilden eines Zwischenschichtisolierfilms;

**Fig. 8** schematisch die Molekülstruktur eines herkömmlichen organischen SOG-Filmes;

**Fig. 9** schematisch einen Mechanismus des Fehlers eines vergifteten Verbindungskontaktes.

## 1. Ausführungsform

**Fig. 1(a)–1(c)** sind Querschnittsansichten, die entsprechende Schritte eines Ablaufs eines Verfahrens des Herstellens einer Halbleitereinrichtung zeigen und speziell eines Verfahrens zum Bilden eines Zwischenschichtisolierfilmes entsprechend einer ersten Ausführungsform zeigen.

Das Herstellungsverfahren und speziell der Vorgang des Bildens eines Zwischenschichtisolierfilmes wird im folgenden mit Bezug zu **Fig. 1(a)–1(c)** beschrieben.

Mit Bezug zu **Fig. 1(a)** bezeichnet das Bezugszeichen 1 ein Halbleitereinrichtungssubstrat, das ein Siliziumsubstrat, eine Einrichtung und eine Isolierschicht, die darauf gebildet sind, aufweist, obwohl sie nicht explizit gezeigt sind. Es sind Aluminiumverbindungen 2 auf dem Substrat 1 gebildet.

Der Zwischenschichtisolierfilm ist durch ursprüngliches Bilden eines ersten Plasmaoxidfilmes 3 auf dem Substrat 1

# DE 198 04 375 A 1

mit dem Aluminium **2** gebildet. Der Oxidfilm **3** wird durch ein Plasma-CVD mit einer Bildungstemperatur von typischerweise ungefähr 300°C, einem Druck von 700 mTorr (9,13 Pa) und einer Hochfrequenzleistung von ungefähr 500 W gebildet. Die Ursprungsgase sind Silan ( $\text{SiH}_4$ ) und Stickstoffoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Der resultierende Oxidfilm **3** weist eine Dicke von ungefähr 100,0 nm (11000 Å) auf.

5 Der Plasmaoxidfilm **3** kann durch einen anderen Typ eines Plasma-CVD unter Verwendung von Ursprungsgasen, die TEOS (Tetraethoxyorthosilicat) und Sauerstoff aufweisen, bei einer Bildungstemperatur von typischerweise ungefähr 400°C, einem Druck von ungefähr 5 Torr (665 Pa) und einer Hochfrequenzleistung von ungefähr 500 W gebildet werden.

Wie in Fig. 1(b) gezeigt ist, wird ein Siliziumoxidfilm **4** (im folgenden als "HMO-Film" bezeichnet, wenn es geeignet ist) auf dem ersten Plasmaoxidfilm **3** durch ein CVD-Verfahren, das Methylsilan ( $\text{SiH}_3\text{CH}_3$ ) und Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) verwendet, gebildet.

10 Dann wird, wie in Fig. 1(c) gezeigt ist, ein zweiter Plasmaoxidfilm **5** auf dem CVD-gebildeten Siliziumoxidfilm **4** gebildet. Der zweite Plasmaoxidfilm **5** kann entweder unter den gleichen oder verschiedenen Bedingungen wie der erste Plasmaoxidfilm **3** gebildet werden.

15 Obwohl es in Fig. 1(c) nicht gezeigt ist, weist das Verfahren des Bildens einer Halbleitereinrichtung weiterhin das Bilden von zweiten Aluminiumschichten auf dem zweiten Plasmaoxidfilm **5** sowie von Verbindungslöchern zum Verbinden von unteren und oberen leitenden Schichten auf. Die Halbleitereinrichtung wird nach Durchführen von anderen notwendigen Vorgängen fertiggestellt.

20 Diese Ausführungsform ist durch die molekulare Struktur und das Bildungsverfahren des Bildens des CVD-gebildeten Oxidfilmes **4** (HMO-Film) gekennzeichnet. Das Methylsilan ist, wie das oben verwendete, ein Monomethylsilan ( $\text{SiH}_3\text{CH}_3$ ). Typische Bildungsbedingungen des HMO-Filmes sind beispielsweise wie folgt:

Bildungstemperatur: 1°C

Bildungsdruck: 1000 Torr (133 Pa)

Gasflußrate:  $\text{SiH}_3\text{CH}_3$  80 SCCM (Standardkubikzentimeter pro Minute)

$\text{H}_2\text{O}_2$  0,65 g/min.

25 Bereiche von Bedingungen, die das Bilden eines HMO-Filmes ermöglichen, sind beispielsweise wie folgt:

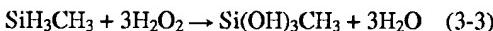
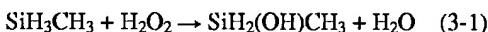
Bildungstemperatur: -20°C bis 20°C

Bildungsdruck: 500–2000 mTorr (66,5–226 Pa)

Gasflußraten:  $\text{SiH}_3\text{CH}_3$  40 bis 200 SCCM

$\text{H}_2\text{O}_2$  0,4 bis 0,9 g/min.

30 Es wird angenommen, daß unter den obigen Bedingungen die Filmbildung entsprechend den folgenden chemischen Reaktionsformeln abläuft:



40 Bei den obigen chemischen Reaktionen werden zuerst Zwischenprodukte mit einer Si-OH-Bindung, d. h.  $\text{SiH}_2(\text{OH})\text{CH}_3$ ,  $\text{SiH}(\text{OH})_2\text{CH}_3$ ,  $\text{Si}(\text{OH})_3\text{CH}_3$ , durch die Reaktionen zwischen Monomethylsilan ( $\text{SiH}_3\text{CH}_3$ ) und Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) erzeugt (siehe chemische Formeln (3-1) bis (3-3)).

Ein Si-O-Netzwerk wird danach durch Dehydrokondensation einschließlich der Si-OH-Radikale in den Zwischenprodukten gewachsen. Das Zwischenprodukt, das zu diesem Vorgang beiträgt, ist hautsächlich das, das entsprechend der chemischen Formel (3-2) erzeugt ist, und die Reaktion läuft entsprechend der chemischen Formel (4) ab. Das entsprechend der chemischen Formel (3-1) erzeugte Zwischenprodukt trägt zu der Reaktion zum Beenden bzw. Begrenzen des Si-O-Netzwerkes bei. Das entsprechend der chemischen Formel (3-3) gebildete Zwischenprodukt trägt ebenfalls zu der Filmbildung bei, wobei die Wahrscheinlichkeit des Auftretens gering ist.

50 Fig. 2 zeigt schematisch die Molekularstruktur eines unter den obigen Bedingungen gebildeten Siliziumoxidfilmes. Dieser Zwischenschichtisolierfilm, bei dem Siliziumatome die Hauptelemente sind, ist derart gebildet, daß jedes Siliziumatom eine Sauerstoffbindung bzw. eine Bindung mit Sauerstoff und eine Kohlenstoffbindung bzw. eine Bindung mit Kohlenstoff aufweist und daß zumindest einige der Siliziumatome eine Wasserstoffbindung bzw. eine Bindung mit Wasserstoff aufweisen. Die Bindung mit Kohlenstoff ist eine Bindung mit einem Methylradikal.

55 Wie in Fig. 8 gezeigt ist, weist ein herkömmlicher SOG-Film Si-O-Bindungen und Si-CH<sub>3</sub>-Bindungen auf. Im Gegensatz dazu weist der HMO-Film Si-O-Bindungen, Si-CH<sub>3</sub>-Bindungen und Si-H-Bindungen auf.

In dieser Ausführungsform weist die Molekularstruktur Si-H-Bindungen auf, die in dem herkömmlichen Film nicht vorhanden sind. Das bedeutet, daß ein Teil der Si-CH<sub>3</sub>-Bindungen in dem organischen SOG-Film durch Si-H-Bindungen ersetzt sind. Daher kann eine Reduzierung der Dichte in gleicher Weise wie bei dem herkömmlichen Fall erreicht werden, sogar mit einer geringeren Menge von Si-CH<sub>3</sub>-Bindungen. Das bedeutet, daß die dielektrische Konstante wie in dem herkömmlichen Fall reduziert werden kann, sogar mit einer niedrigen Konzentration von gemischten bzw. enthaltenen Si-CH<sub>3</sub>-Bindungen.

60 Im folgenden wird die Entgasungseigenschaft des HMO-Filmes mit der eines herkömmlichen organischen SOG-Filmes verglichen.

65 Fig. 3(a) zeigt eine Struktur einer Probe, die zum Messen der aus einem HMO-Film oder einem organischen SOG-Film austretende Menge von Wasser verwendet wurde. Wie in Fig. 3(a) gezeigt ist, ist die Probe so aufgebaut, daß ein erster Plasmaoxidfilm **3**, ein Siliziumoxidfilm der Erfindung oder ein herkömmlicher Siliziumoxidfilm **4** und ein zweiter Plasmaoxidfilm **5** auf einem Halbleitersubstrat **1** schichtweise gebildet sind und ein Verbindungsloch (Verbindungskon-

takt) 10 gebildet ist.

Unter Verwendung von 50 gebildeten Proben wurde die Menge des ausgetretenen Wassers von dem Abschnitt eines HMO-Filmes oder eines organischen SOG-Filmes, die an der Seitenwand des Verbindungskontaktes 10 freigelegt waren, durch eine Hochtemperatursanalyse gemessen. Bei der Probenstruktur von Fig. 3(a) wird die Verbindungskontaktseitenwand mit einem Sauerstoffplasma bombardiert, wenn ein Resist entfernt wird, nach dem der Verbindungskontakt 10 tatsächlich gebildet ist.

5

Fig. 3(b) zeigt die Entgasungseigenschaften des HMO-Filmes der Erfindung und des herkömmlichen Si-Filmes. Wie deutlich in Fig. 3(b) ersichtlich ist, ist die Menge des von dem HMO-Film der vorliegenden Erfindung ausgetretenen Wassers geringer als die des SOG-Filmes. Es wird angenommen, daß dies von der geringeren Menge von Si-CH<sub>3</sub>-Bindungen in dem HMO-Film der vorliegenden Erfindung im Gegensatz zu dem SOG-Film resultiert.

10

Wie sich aus der obigen Beschreibung ergibt, weist der HMO-Film der vorliegenden Erfindung eine relativ geringe dielektrische Konstante auf, die äquivalent zu der eines herkömmlichen SOG-Filmes ist, während ein Fehler eines vergifteten Verbindungskontaktes verhindert wird, der eine Schwierigkeit des herkömmlichen Verfahrens ist, wodurch eine sehr zuverlässige Zwischenschichtisolierfilmstruktur vorgesehen wird.

15

Bei der obigen Ausführungsform wird der HMO-Film auf dem ersten Plasmaoxidfilm 3 gebildet. Er kann jedoch direkt auf den Aluminiumverbindungen 2 gebildet werden.

15

## 2. Ausführungsform

Während in der ersten Ausführungsform Monomethylsilan (SiH<sub>3</sub>CH<sub>3</sub>) als Methyldisilan verwendet wird, werden in der zweiten Ausführungsform Monomethylsilan und Dimethylsilan (SiH<sub>2</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) in einer gemischten Form verwendet. In diesem Fall werden die folgenden chemischen Reaktionsformeln (5-1) und (5-2) zu den oben erwähnten Formeln (3-1), (3-2) und (4) hinzugefügt:

20



25



Das entsprechend der chemischen Formel (5-1) erzeugte Zwischenprodukt trägt nur zu der Reaktion zum Begrenzen bzw. Absättigen eines Si-O-Netzwerkes bei, ähnlich wie dies das Zwischenprodukt tut, das entsprechend der chemischen Formel (3-1) erzeugt ist. Das Zwischenprodukt, das entsprechend der chemischen Formel (5-2) erzeugt ist, trägt ebenfalls zu der Filmbildung bei, obwohl die Wahrscheinlichkeit des Auftretens gering ist.

30

Fig. 4 zeigt eine Molekularstruktur eines Siliziumoxidfilmes, der entsprechend dieser Ausführungsform gebildet ist, die grundsätzlich die gleiche ist, wie die von Fig. 2, außer dass die Anzahl der Methylradikale an den End- bzw. Absättigungsabschnitten des Si-O-Netzwerkes erhöht ist.

35

In dieser Ausführungsform weist der HMO-Film ebenfalls Si-O-Bindungen, Si-CH<sub>3</sub>-Bindungen und Si-H-Bindungen auf. Wie in dem Fall der ersten Ausführungsform weist die Molekularstruktur Si-H-Bindungen auf, die bei den herkömmlichen Filmen nicht vorhanden sind. Das bedeutet, dass ein Teil der Si-CH<sub>3</sub>-Bindungen in dem organischen SOG-Film durch Si-H-Bindungen ersetzt sind. Daher kann eine Reduzierung der Dichte erreicht werden, die äquivalent zu der des herkömmlichen Falles ist, sogar mit einem geringeren Gehalt an Si-CH<sub>3</sub>-Bindungen. Das bedeutet, dass die dielektrische Konstante genauso wie in dem herkömmlichen Fall reduziert werden kann, sogar wenn Si-CH<sub>3</sub>-Bindungen mit einer geringen Konzentration vorhanden sind.

40

## 3. Ausführungsform

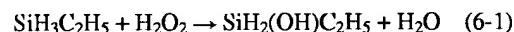
45

Während in der ersten Ausführungsform Methyldisilan als reaktives Gas verwendet wird, wird in der dritten Ausführungsform Ethylsilan (Monoethylsilan (SiH<sub>3</sub>(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>))) oder eine Mischung aus Monoethylsilan und Diethylsilan (SiH<sub>2</sub>(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>)) verwendet.

50

Wenn nur Monoethylsilan verwendet wird, kann ein Siliziumoxidfilm durch Reaktionen, die ähnlich zu denen entsprechend den chemischen Formeln (3-1) bis (3-3) und (4) sind, gebildet werden. In diesem Fall sind die chemischen Reaktionsformeln wie folgt:

50



55



60

Wenn sowohl Monoethylsilan als auch Diethylsilan in einer gemischten Form verwendet werden, werden die folgenden chemischen Formeln (8-1) und (8-2) zu den obigen chemischen Formeln (6-1) bis (6-3) und (7) hinzugefügt:



65

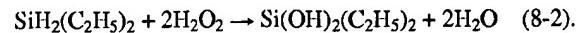


Fig. 5(a) und 5(b) zeigen die molekulare Struktur von Siliziumoxidfilmen entsprechend dieser Ausführungsform, bei

der Monoethylsilangas bzw. ein gemischtes Gas aus Monoethylsilan und Diethylsilan verwendet werden.

Ein Vergleich zwischen der molekularen Struktur von Fig. 5(a) und von Fig. 2 und der molekularen Struktur von Fig. 5(b) und Fig. 4 zeigt, daß sie gleich sind, außer daß Methylradikale durch Ethylradikale ersetzt sind.

In dieser Ausführungsform weist der HMO-Film Si-O-Bindungen, Si-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-Bindungen und Si-H-Bindungen auf. Die molekulare Struktur weist in dieser Ausführungsform ebenfalls Si-H-Bindungen auf, die in dem herkömmlichen Film nicht vorhanden sind. Dies bedeutet, daß einige der Si-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-Bindungen in dem organischen SOG-Film durch Si-H-Bindungen ersetzt sind. Daher kann eine Reduzierung der Dichte, die äquivalent zu der in dem herkömmlichen Fall ist, erreicht werden, sogar mit einer geringeren Menge von Si-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-Bindungen. Das bedeutet, daß die dielektrische Konstante genauso wie in dem herkömmlichen Fall reduziert werden kann, sogar mit einer geringeren Konzentration von vorhandenen Si-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-Bindungen.

## 4. Ausführungsform

Während in der ersten Ausführungsform Methylsilan als reaktives Gas verwendet wird, wird in der vierten Ausführungsform Vinylsilan ( $\text{SiH}_3(\text{CH}=\text{CH}_2)$ ) verwendet.

Wenn Vinylsilan verwendet wird, kann ein Siliziumoxidfilm durch Reaktionen ähnlich zu denen entsprechend den oben erwähnten chemischen Formeln (3-1) bis (3-3) und (4) gebildet werden. In diesem Fall sind die chemischen Reaktionsformeln wie folgt:

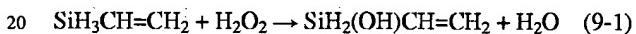


Fig. 6 zeigt die molekulare Struktur eines Siliziumoxidfilmes entsprechend dieser Ausführungsform. Ein Vergleich zwischen der molekularen Struktur von Fig. 2 und der von Fig. 6 zeigt, daß sie gleich sind, außer daß die Methylradikale durch Vinylradikale ersetzt sind.

In dieser Ausführungsform weist der HMO-Film Si-O-Bindungen, Si-CH=CH<sub>2</sub>-Bindungen und Si-H-Bindungen auf. Die molekulare Struktur weist in dieser Ausführungsform ebenfalls Si-H-Bindungen auf, die in dem herkömmlichen Film nicht vorhanden sind. Das bedeutet, daß einige der Si-CH=CH<sub>2</sub>-Bindungen in dem organischen SOG-Film durch SiH-Bindungen ersetzt sind. Daher kann eine Reduzierung der Dichte, die äquivalent zu der in dem herkömmlichen Fall ist, erreicht werden, sogar mit einer geringeren Menge von Si-CH=CH<sub>2</sub>-Bindungen. Das bedeutet, daß die dielektrische Konstante wie in dem herkömmlichen Fall reduziert werden kann, sogar mit einer geringeren Konzentration von vorhandenen Si-CH=CH<sub>2</sub>-Bindungen.

In den obigen Ausführungsformen wird Methylsilan, Ethylsilan bzw. Vinylsilan als reaktives Gas verwendet. Vom Standpunkt der physikalischen oder chemischen Struktur der Filme sollte die Filmdichte entsprechend den verwendeten Reaktionsgasen in der Reihenfolge von Methylsilan, Ethylsilan und Vinylsilan abnehmen. Die relative dielektrische Konstante nimmt in der gleichen Reihenfolge ab.

Wenn ein gemischtes Gas aus Monomethylsilan und Dimethylsilan verwendet wird, ist der resultierende Film mit einer größeren Menge von organischen Radikalen als in dem Fall, in dem nur Monomethylsilan verwendet wird, dotiert, so daß die relative dielektrische Konstante geringer ist, obwohl der Effekt des Verhinderns einer vergifteten Kontaktverbindung geringer ist. Das gleiche trifft auf einen Vergleich zwischen den Fällen des Verwendens eines gemischten Gases von Monoethylsilan und Diethylsilan und des Verwendens von nur Monoethylsilan zu.

Ein geeignetes Reaktionsgas oder Reaktionsgasmischung kann für eine spezielle beabsichtigte Verwendung eines Films in Anbetracht der obigen Tatsachen ausgewählt oder formuliert werden.

Wie oben beschrieben wurde, wird ein Zwischenschichtisolierfilm einer Halbleitereinrichtung unter Verwendung eines Materials, bei dem Siliziumatome die Hauptelemente sind, wobei jedes der Siliziumatome eine Bindung mit Sauerstoff und eine Bindung mit Kohlenstoff aufweist und zumindest einige der Siliziumatome eine Bindung mit Wasserstoff aufweisen, gebildet. Die Bindung mit Kohlenstoff ist eine Bindung mit einem Methylradikal, einem Ethylradikal und/oder einem Vinylradikal.

Als Ergebnis weist die Molekularstruktur Si-H-Bindungen auf, die in den herkömmlichen Zwischenschichtisolierfilmen nicht vorhanden sind. Das bedeutet, daß ein Teil der Si-C-Bindungen in den herkömmlichen Filmen durch Si-H-Bindungen ersetzt sind. Daher kann eine Reduzierung der Dichte, die äquivalent zu der in dem herkömmlichen Fall ist, erreicht werden, sogar mit einer geringeren Menge von Si-C-Bindungen, wodurch eine geringere dielektrische Konstante ermöglicht wird.

Bei dem Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung wird ein Zwischenschichtisolierfilm durch ein chemisches Abscheiden aus der Gasphase gebildet. Ein gemischtes Gas aus Wasserstoffperoxid und einem reaktiven Gas mit einer molekularen Gasstruktur, in der Siliziumatome eine Bindung mit Wasserstoff und eine Bindung mit Kohlenstoff aufweisen, so daß der Zwischenschichtisolierfilm Siliziumatome als Hauptelemente aufweist, wird verwendet, wobei die Siliziumatome eine Bindung mit Sauerstoff und eine Bindung mit Kohlenstoff aufweisen und zumindest einige der Siliziumatome eine Bindung mit Wasserstoff aufweisen.

65 Als das reaktive Gas wird organisches Silan verwendet. Spezieller weist das organische Silan als Hauptkomponente eines oder eine Mischung von Methylsilan, Ethylsilan und Vinylsilan auf.

Das Herstellungsverfahren ermöglicht die Bildung eines Zwischenschichtisolierfilms des oben erwähnten Typ es, der eine geringe Dichte und eine kleine relative dielektrische Konstante aufweist, sowie eine Halbleitereinrichtung, die einen

# DE 198 04 375 A 1

solchen Zwischenschichtisolierfilm aufweist.

## Patentansprüche

1. Halbleitereinrichtung mit  
einem Zwischenschichtisolierfilm (4), der aus einem Material gebildet ist, das Siliziumatome als Hauptelemente  
aufweist,  
wobei im wesentlichen jedes der Siliziumatome zumindest eine Bindung mit Sauerstoff und eine Bindung mit Kohlenstoff aufweist und zumindest einige der Siliziumatome eine Bindung mit Wasserstoff aufweisen. 5
2. Halbleitereinrichtung nach Anspruch 1, bei der die Bindung mit Kohlenstoff eine Bindung mit einem Methylradikal, einem Ethylradikal oder einem Vinylradikal ist. 10
3. Verfahren des Herstellens einer Halbleitereinrichtung mit dem Schritt des Bildens eines Zwischenschichtisolierfilmes (4) durch ein chemisches Abscheiden aus der Gasphase, das ein gemischtes Gas aus Wasserstoffperoxid und einem reaktivem Gas, das eine molekulare Gasstruktur aufweist, bei der jedes Siliziumatom zumindest eine Bindung mit Wasserstoff und eine Bindung mit Kohlenstoff aufweist, verwendet,  
wobei der resultierende Zwischenschichtisolierfilm (4) Siliziumatome als Hauptelemente aufweist,  
wobei im wesentlichen jedes der Siliziumatome zumindest eine Bindung mit Sauerstoff und eine Bindung mit Kohlenstoff aufweist und zumindest einige der Siliziumatome eine Bindung mit Wasserstoff aufweisen. 15
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem das reaktive Gas ein organisches Silan aufweist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem das organische Silan als eine Hauptkomponente von der Gruppe bestehend aus Methylsilan, Ethylsilan und Vinylsilan oder einer Mischung von Methylsilan, Ethylsilan und/oder Vinylsilan ausgewählt wird. 20

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

FIG.5(a)

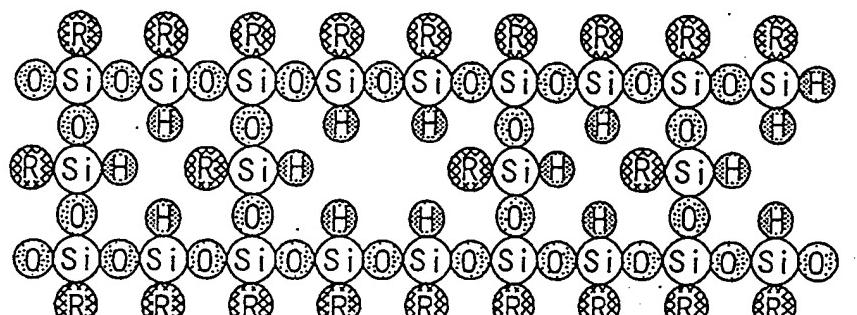
 $R = (C_2H_5)$ 

FIG.5(b)

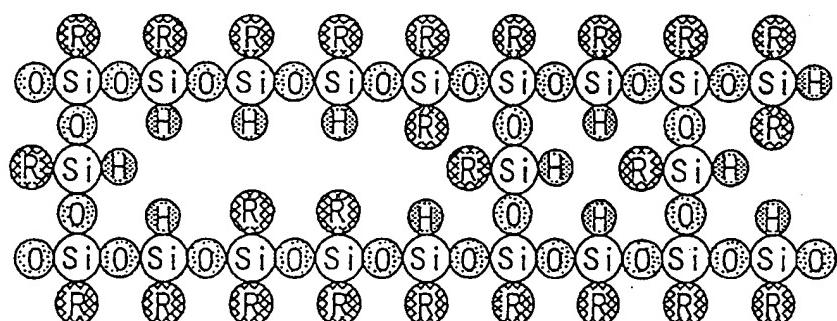
 $R = (C_2H_5)$

FIG. 1(a)

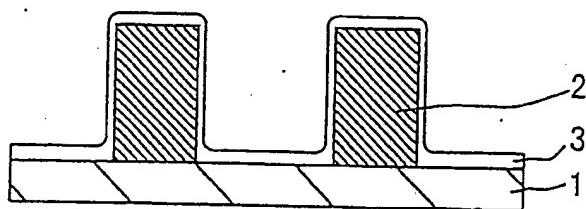


FIG. 1(b)

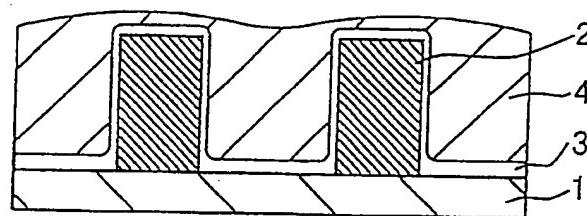


FIG. 1(c)

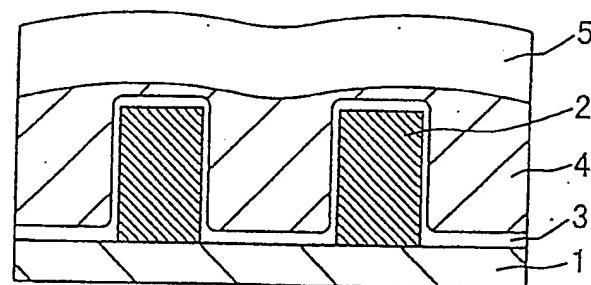


FIG.2

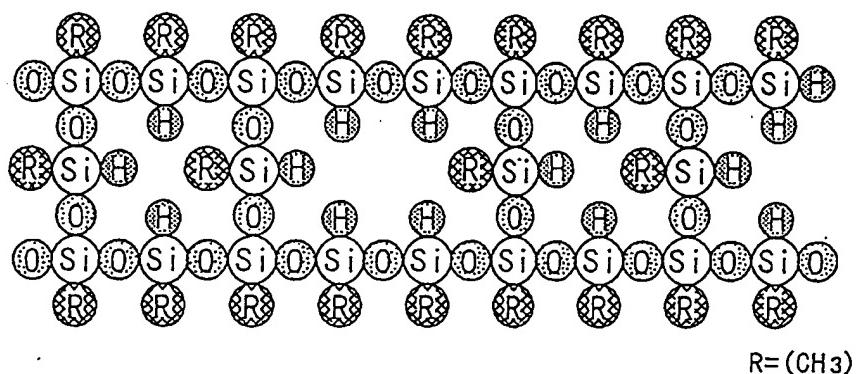


FIG.4

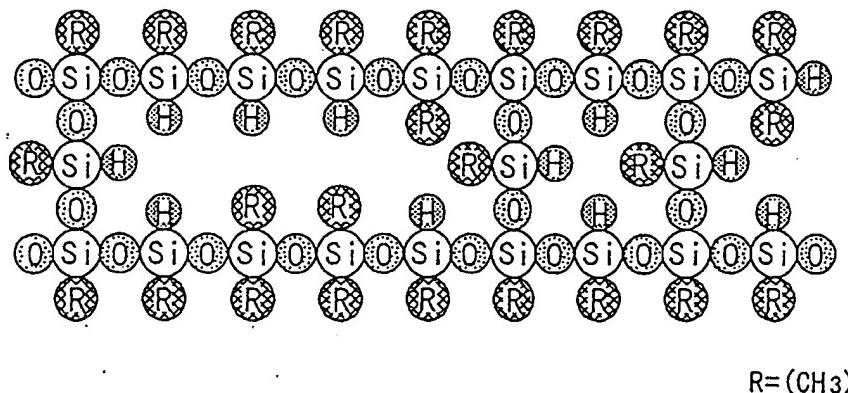


FIG.3(a)

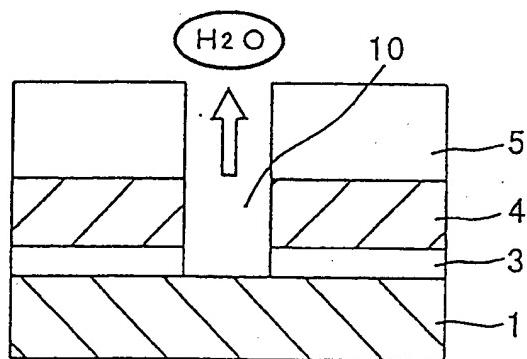


FIG.3(b)

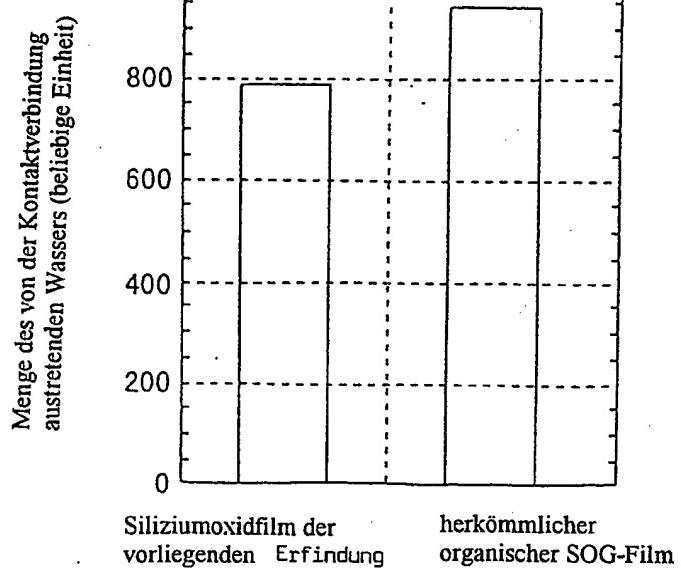


FIG.6

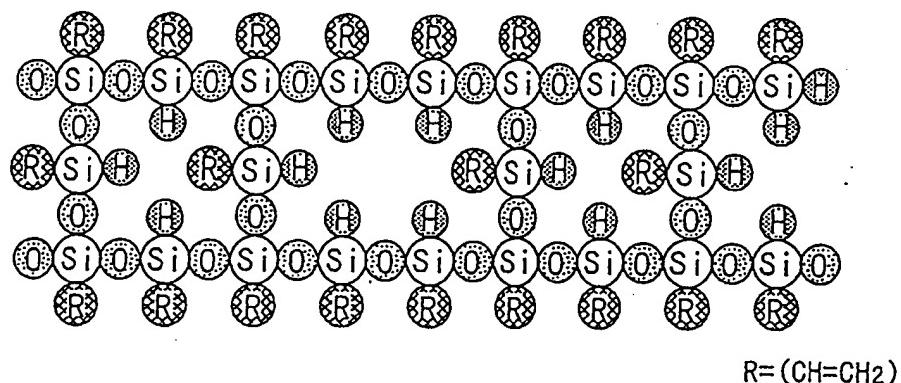


FIG. 7(a)

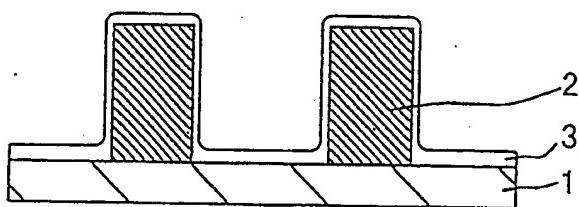


FIG. 7(b)

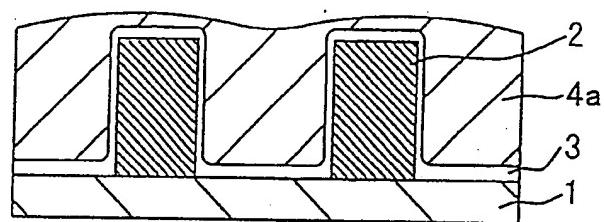


FIG. 7(c)

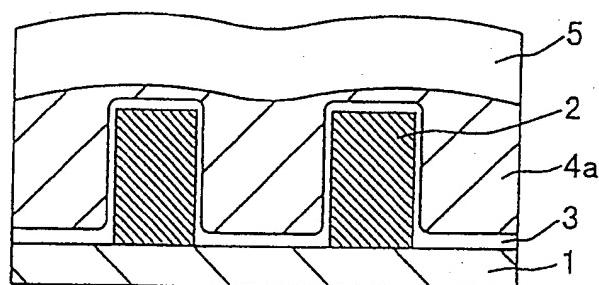


FIG.8

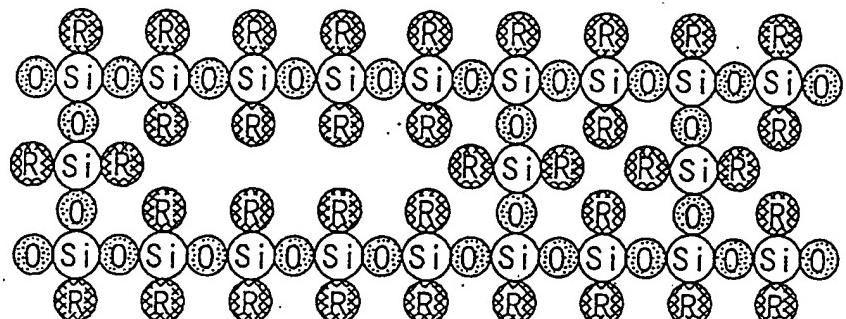
 $R = (CH_3)$

FIG.9

